Aus der Abteilung für Nuklearmedizin
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. U. Feine
des Medizinischen Strahleninstituts der Universität Tübingen

Qualitätsverbesserung in der Schilddrüsenszintigraphie durch Verwendung von Gammakamera und Pinholekollimator und quantitative Auswertungen

INAUGURAL—DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard - Karls - Universität
Tübingen

vorgelegt von
EVA KAISER
aus Stuttgart

1983

Aus der Abteilung für Nuklearmedizin
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. U. Feine
des Medizinischen Strahleninstituts der Universität Tübingen

Qualitätsverbesserung in der Schilddrüsenszintigraphie durch Verwendung von Gammakamera und Pinholekollimator und quantitative Auswertungen

INAUGURAL—DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard - Karls - Universität
Tübingen

vorgelegt von
EVA KAISER
aus Stuttgart

1983

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan:	Professor Dr. W. Frommhold
1. Berichterstatter :	Professor Dr. K. Anger
2. Berichterstatter :	Privatdozent Dr.Dr.W.Müller-Schauenburg

gedruckt bei H.- J. Köhler · Reprografischer Betrieb · Tübingen

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung S. 1
2 Methodik und Patientengut S. 3
2.1 Allgemeines zu Gammakamera und Pinholekollimator S. 3
2.2 Methode und Patientengut beim Vergleich zwischen Scannerszintigraphie und Gammakameraszintigraphie mit Pinholekollimator S. 5
2.3 Methode der quantitativen Auswertung von Schilddrüsenszintigrammen S. 6
2.3.1 Vorbemerkungen S. 6
2.3.2 Auswerteverfahren S. 7
2.3.3 Beispiele S.10
2.3.4 Patienten S.17
3 Ergebnisse S.19
3.1 Vergleich Kamera / Scanner S.19
3.1.1 Auflösung S.19
3.1.2 Schrägaufnahmen S.23
3.1.3 Aussteuerungsbreite S.26
3.2 Quantitative Auswertung S.32
3.2.1 Jodkinetik S.32
3.2.2 Dosisverteilung S.32
3.2.3 Verlaufskontrolle S.33
4 Diskussion S.38

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543903_0133

1 Einleitung

Die Szintigraphie der Schilddrüse hat ihren festen Platz in der Untersuchung von Schilddrüsenerkrankungen. Zwei verschiedene Methoden der Durchführung stehen zur Verfügung: erstens die Szintigraphie mit bewegtem Detektor, d. h. mit dem Scanner, und zweitens die Szintigraphie mit stehendem Detektor, d. h. mit der Gammakamera.
Die Kombination Gammakamera und Pinholekollimator bietet sich wegen ihrer hohen Auflösung für die Schilddrüsenszintigraphie besonders an (1), (2), (3), (5), (6), (7). Zum einen ist eine möglichst hohe Auflösung der Szintigramme gerade bei der Schilddrüse wichtig, zum andern spielen die Nachteile des Pinholekollimators, nämlich die Tiefenverzerrung und die geringe Empfindlichkeit, bei dem kleinen Organ Schilddrüse und den hohen Impulsraten keine wesentliche Rolle. Auch die gute Dokumentationsmöglichkeit auf Röntgenfilm sowie die Handlichkeit, die leicht Mehrfachaufnahmen in verschieden Sichten gestattet, sind Vorteile dieses Systems.
Darüber hinaus sind Gammakameras großenteils direkt an EDV-Auswertesysteme angeschlossen, die eine digitale Erfassung und direkte Weiterverarbeitung der Bilder erlauben. Für die quantitative Auswertung bietet jedoch die Gammakamera mit Pinholekollimator besondere Probleme, da die geometrische Verzerrung durch den Pinholekollimator eine Homogenitätskorrektur erfordert und die übliche ROI-Technik den jetzt sichtbar werdenden Feinstrukturen nicht gerecht wird.

Die Lösung dieser Probleme erscheint jedoch lohnend, da die Schilddrüsenszintigraphie mit Gammakamera und Pinholekollimator rein qualitativ neue Dimensionen für die Diagnostik disseminierter und diffuser Schilddrüsenautonomien und im quantitativen Bereich eine bessere Erfassung der lokalen Radiojod- und Technetiumkinetik verspricht.

Die folgende Arbeit hatte die Aufgabe,

1) an einem unausgewählten Patientengut aus der Schilddrüsenroutinediagnostik und Radiojodtherapie die Methoden Scannerszintigraphie und Szintigraphie mit Gammakamera und Pinholekollimator bezüglich ihrer klinischen Aussage zu vergleichen.
2) ein sinnvolles Auswerteprogramm zur quantitativen Auswertung der Kameraschilddrüsenszintigraphie zu entwickeln und seine Brauchbarkeit bei der Dosisberechnung im Rahmen der Radiojodtherapie solitärer und multipler autonomer Adenome zu überprüfen.

2 Methodik und Patientengut

2.1 Allgemeines zu Gammakamera und Pinholekollimator

Der Pinholekollimator ist ein kegelförmiger Einlochkollimator. Die Bildentstehung erfolgt nach dem Prinzip der Lochkamera, so daß ein umgekehrtes Bild entsteht. Entsprechend dem Abstandsverhältnis Blende/Kristall und Blende/Objekt ist das Bild vergrößert oder verkleinert. Bei kleinen, dicht an der Oberfläche liegenden Organen, wie zum Beispiel der Schilddrüse, ergibt sich eine Vergrößerung des Bildes, da der Blende-/Objektabstand gering gewählt werden kann. Dies führt auch zur Verbesserung der ohnehin schon hohen Auflösung durch den Pinholekollimator. Dessen Auflösungvermögen wird durch den Lochdurchmesser bestimmt und liegt mit 3 bis 5 mm im Bereich der Intrinsic-Auflösung der Gammakamera. Allerdings wird die hohe Auflösung mit einer geringen Empfindlichkeit erkauft. Die Empfindlichkeit nimmt mit dem Quadrat des effektiven Blendendurchmessers sowie dem Quadrat des Objektabstandes ab. Dieser Nachteil wird für die Schilddrüsenszintigraphie zumindest teilweise dadurch gemildert, daß der Objektabstand wegen der topographischen Verhältnisse klein ist, und daß im allgemeinen genügend hohe Impulsraten vorhanden sind, so daß die Szintigraphie in einer vertretbaren Zeit durchgeführt werden kann. Neben der höheren Auflösung führt die bessere Abschirmung harter Strahlen, da Septenpenetration nicht möglich ist, zu klareren

Bildern durch niedrigeren Untergrund gegenüber dem Viellochkollimator (7). Die Geometrie des Pinholekollimators bedingt eine Tiefenverzerrung des Objekts bei der Abbildung, der jedoch speziell für die Schilddrüse als verhältnismäßig flachem Organ keine große Bedeutung zukommt.
Mehr ins Gewicht fällt die ebenfalls geometrisch bedingte Flächeninhomogenität, die in Abb. 1 dargestellt wird. Man erkennt, daß die Impulsrate einer Flächenquelle von der Mitte zum Rand hin abfällt. Bei Verwendung eines angeschlossenen EDV-Auswertesystems läßt sich diese Flächeninhomogenität rechnerisch ausgleichen. Außerdem besteht damit auch die Möglichkeit einer quantitativen Auswertung der Schilddrüsenszintigramme.

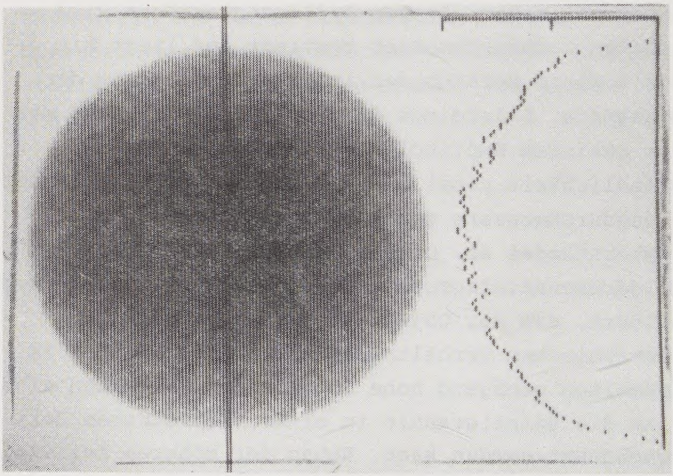

Abb. 1: Aufnahme einer Flächenquelle

2.2 Methode und Patientengut beim Vergleich zwischen Scannerszintigraphie und Gammakameraszintigraphie mit Pinholekollimator

Bei 25 Patienten aus der Schilddrüsenroutinediagnostik wurde die Szintigraphie 10 min nach i. v. Injektion von 1 - 1,5 mCi 99mTcO4 zunächst mit dem Scanner und anschließend mit der Gammakamera mit Pinholekollimator und angeschlossenem EDV-System durchgeführt (Picker Magna-Scanner mit 5-Zoll-Detektor und Niederenergie-kollimator 136 Loch, 5"Fokus, 1/2"Auflösung, Picker Dynacamera 4/15, Pinholekollimator 5 mm Blende, Ohio-Mobicon Pinholekollimator 3 mm Blende, Gamma-11-System).
Für jeden Patienten wurden Szintigramme in drei Sichten angefertigt: in ventraler Sicht und in 45°-Schrägsicht rechts und links. Um 2000 cts/cm² bzw. 40000-80000 Gesamtimpulse zu sammeln, wurde für jede Sicht eine Aufnahmezeit von 5-10 min benötigt. Bei einer maximalen Impulszahl von 255 cts/Bildpunkt war die Sammlung von Daten durch den Rechner bereits nach 1-2 min abgeschlossen. Die gesamte Untersuchung dauerte damit etwa 30 min.
Bei 42 Patienten, die eine Radiojodtherapie erhielten, wurden ebenfalls Szintigramme in drei Sichten mit Gammakamera und Pinholekollimator angefertigt. Die Untersuchung erfogte 1-6 Tage nach Radiojodgabe, wobei dieselben Einstellungsparameter wie oben gewählt wurden. Die Aufnahmezeit verkürzte sich auf 1-3 min. Diese Szintigramme wurden mit den Scanner-szintigrammen aus dem Radiojodtest verglichen.

2.3 Methode der quantitativen Auswertung von Schilddrüsenszintigrammen

2.3.1 Vorbemerkungen

Ob ein Bildpunkt dem Adenomgewebe, dem Restschilddrüsengewebe oder dem Gewebe außerhalb der Schilddrüse (Untergrund) zuzuordnen ist, wird durch die Impulszahl des betreffenden Bildpunktes bestimmt. Wenn man von dem Gedanken ausgeht, daß Bildpunkte, die dem Adenomgewebe zuzuordnen sind, hohe Impulszahlen aufweisen, Bildpunkte, die der Restschilddrüse zuzuordnen sind, mittlere Impulszahlen aufweisen und Bildpunkte, die dem Untergrund zuzuordnen sind, niedrige Impulszahlen aufweisen, müßte man beim Auftragen der Anzahl der Bildpunkte nach ihrer Impulsdichte (Impulse/Bildpunkt) eine dreigipflige Häufigkeitsverteilung erhalten (Kurve A).
Eine Verteilung der Anzahl der Impulse gegenüber der Impulsdichte müßte ebenfalls dreigipflig sein (Kurve B).
Durch Aufsuchen der Minima dieser Kurven ließen sich dann die Impulsdichten ermitteln, die die Grenzen zwischen den einzelnen Geweben bilden.
Die Fläche, die ein bestimmtes Gewebe (Adenom, Restschilddrüse, Untergrund) einnimmt, läßt sich durch Integration der Kurve A zwischen den so gewonnenen Grenzen bestimmen. Ebenso findet man ein Maß für die Anzahl der Impulse durch Integration der Kurve B.

2.3.2 Auswerteverfahren

Unter der unter 2.3.1 ausgeführten Vorstellung wurde unter RT-11/Gamma-11 mit Hilfe von zwei FORTRAN-Programmen (CURVE, S. Forster (22) und SD, W. Kaiser) ein interaktives Auswertesystem entwickelt, das in vier Schritten Maßzahlen für die Flächenverhältnisse und die Aktivitätsverteilung der einzelnen Gewebe liefert.

2.3.2.1 Korrektur der geometrischen Flächeninhomogenität des Pinholekollimators

Der Ausgleich der Flächeninhomogenität des Pinholekollimators erfolgt unter dem Gamma-11-System durch Aufnahme einer homogenen Flächenquelle, mit deren Hilfe eine Korrekturmatrix (Abb.14) erstellt wird (Flood Correction, Gamma-11-Manual (23)).

Abb.14: Aufnahme der Flächenquelle Korrekturfigur

2.3.2.2 Ermittlung der Kurven A und B

Das FORTRAN-Programm SD (s. Programmlisting) erstellt zwei Kurven (Bildpunkte gegenüber Impulsdichte = Kurve A und Anzahl der Impulse gegenüber Impulsdichte = Kurve B) und schreibt sie als pseudodynamische Kurven in eine Save Area des Gamma-11-Systems.

2.3.2.3 Darstellen der Kurven, Ermitteln der Grenzen durch den Auswerter und Integration der Kurven

Das FORTRAN-Programm CURVE stellt die Kurven A und B auf dem Bildschirm dar und erlaubt einem Auswerter die Markierung der Minima und damit die Festlegung der Grenzen zwischen Adenomgewebe Restschilddrüse und Untergrund (Abb. 15, 16, 18, 20). Anschließend erfolgt die Integration der Kurven zwischen den Grenzen.

2.3.2.4 Plausibilitätsprüfung der Grenzen

Unter Gamma-11 erfolgt eine Darstellung der im ursprünglichen Bild den verschiedenen Geweben zuzuordnenden Anteile, die eine Überprüfung der Plausibilität der unter 2.3.2.3 gewonnen Grenzen ermöglicht (Abb. 17, 19).

2.3.3 Erläuterung der Methode an einigen Beispielen

Im folgenden sollen an einigen Patienten der Ablauf des interaktiven Verfahrens und die Schwierigkeiten, die bei der Markierung der Grenzen auftreten können, verdeutlicht werden. Die Abbildungen zeigen die Verteilung der Impulse gegenüber der Impulsdichte (Kurve B), wobei die Impulse in der Ordinate dargestellt werden, die Impulsdichten in der Abszisse.

2.3.3.1 Zweigipflige Verteilung bei Struma diffusa

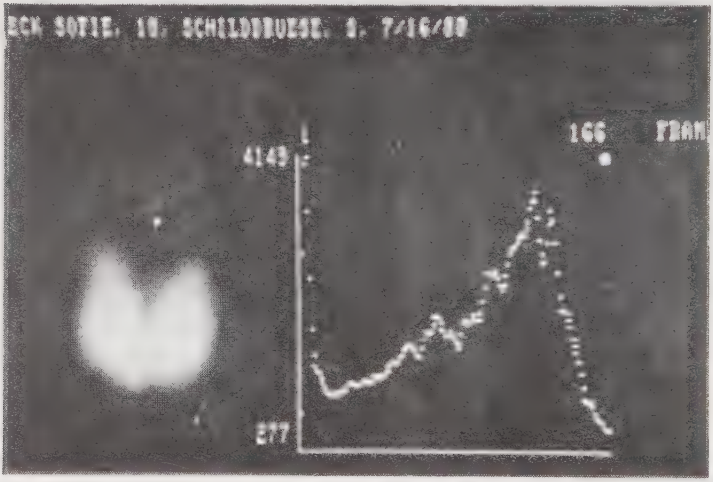

Abb. 15: Der (▲) kennzeichnet die Grenze zwischen Untergrund und Schilddrüse bei einer Patientin mit Struma diffusa.

2.3.3.2 Mehrgipflige Verteilung bei Adenomen und Knotenstrumen

Infolge der Inhomogenität der warmen Knoten ergeben sich nicht die unter 2.3.1 geforderten dreigipfligen Kurven, sondern Kurven mit mehr als drei Maxima.

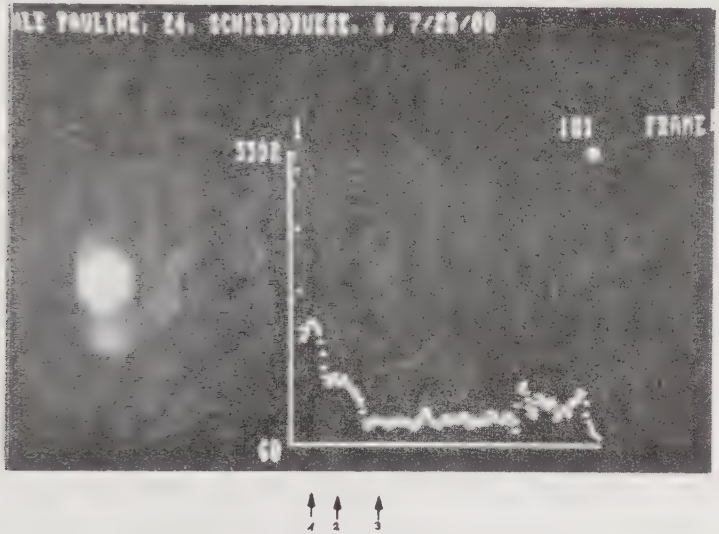

Abb. 16: Patientin mit autonomen Adenom
Der (▲1) kennzeichnet die Genze zwischen Restschilddrüsen und Untergrund.
Die (▲2) und (▲3) kennzeichnen 2 mögliche Grenzen zwischen Restschilddrüse und Adenom.
(▲1) = 6 Imp., (▲2) = 23 Imp., (▲3) = 47 Imp.

Im allgemeinen gelingt es aber ohne besondere Schwierigkeiten, die beiden Minima zu identifizieren, die den Untergrund von der Restschilddrüse und die Restschilddrüse vom Adenom trennen. Die Grenze zwischen Untergrund und Restschilddrüse entspricht jeweils dem ersten Minimum der Kurven, welches leicht zu erkennen ist. Die Grenze zwischen Restschilddrüse und Adenom entspricht bei allen 26 Patienten entweder dem zweiten oder dem dritten Minimum. Die Entscheidung zwischen diesen zwei definierten Möglichkeiten wird mit Hilfe des unter 2.3.2.4 erstellten Vergleichsbilds getroffen (s. Abb. 17).
Naturgemäß wird die Differenzierung der Gewebearten bei mehrknotigen Strumen schwieriger. Das FORTRAN-Programm SD ermöglicht jedoch bei mehrknotigen Strumen die Ermittlung lokaler Häufigkeitsverteilungen innerhalb einzelner ROIs. Dadurch wird der bei der beschriebenen Methode vorhandene Verlust an Ortsinformation wenigstens teilweise kompensiert.
Die Abb. 18 und 19 zeigen Kurve und Vergleichsbild einer Patientin mit Knotenstruma.

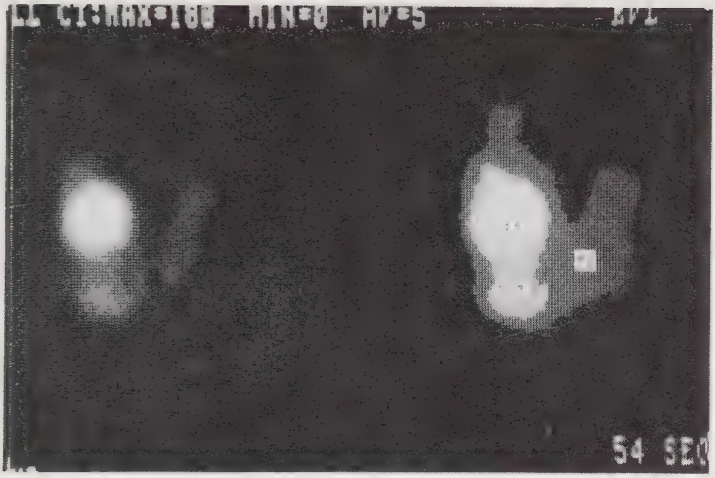

Abb. 17: Gleiche Patientin wie Abb. 16
Das Bild rechts stellt die Gewebsanteile zwischen den Grenzen dar, die laut Kurve B ermittelt wurden.
Gewebe zwischen Grenze 1 und 2 und zwischen Grenze 2 und 3 entspricht der Restschilddrüse.
Gewebe oberhalb der Grenze 3 entspricht dem Adenom.
Durch Vergleich des Bildes mit der Original aufnahme (links) läßt sich also entscheiden, daß das Gewebe zwischen den Grenzen 2 und 3 der Restschilddrüse zuzuordnen ist.

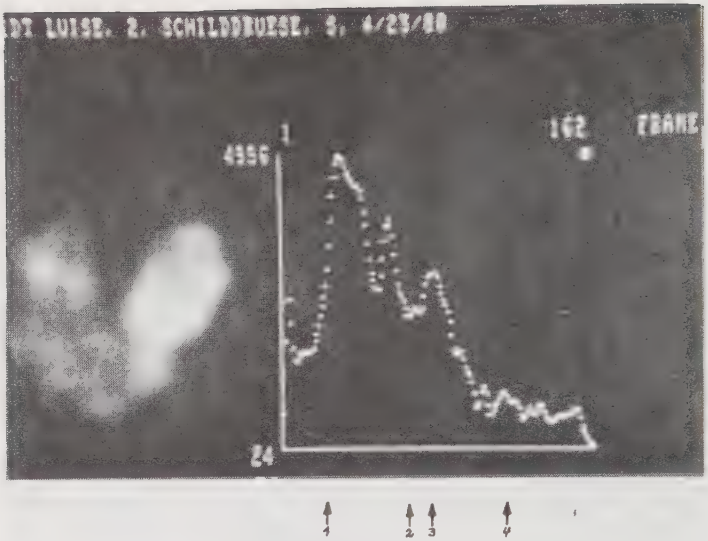

Abb. 18: Patientin mit Knotenstruma
Der (▲1) kennzeichnet die Grenze zwischen Restschilddrüse und Untergrund, (▲2), (▲3) und (▲4) kennzeichnen mögliche Grenzen innerhalb der Restschilddrüse.
(▲1) = 5 Imp., (▲2) = 52 Imp., (▲3) = 69 Imp., (▲4) = 104 Imp.

Abb. 19: Gleiche Patientin wie Abb. 18
Das Bild rechts stellt die Gewebsanteile zwischen den Grenzen dar, die laut Kurve B ermittelt wurden. Durch Vergleich mit der Originalaufnahme (links) wurde das Gewebe oberhalb der Grenze 2 als am stärksten knotig verändert ermittelt. Das Gewebe zwischen Grenze 1 und 2 entspricht der Restschilddrüse.

2.3.3.3 Zweigipflige Verteilung bei dekompensierten autonomen Adenomen mit unterdrückter Restschilddrüse

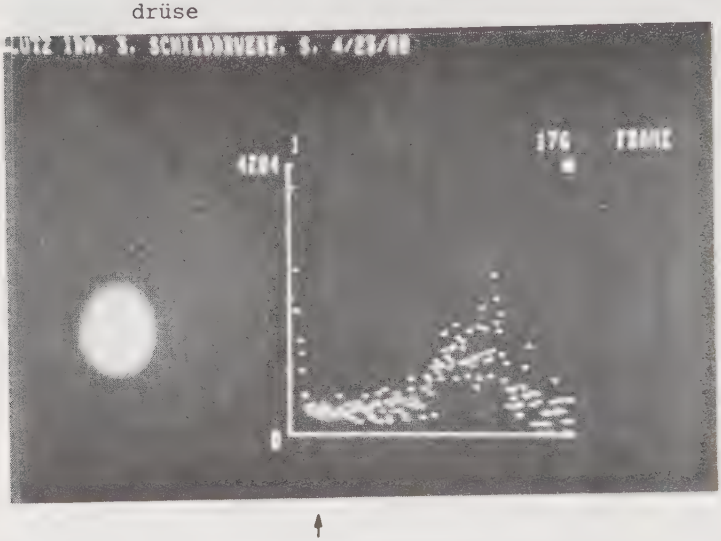

Abb. 20: (↑) kennzeichnet die Grenze zwischen Untergrund und Adenom bei einer Patientin mit dekompensiertem Adenom mit völlig unterdrückter Restschilddrüse.

2.3.4 Patienten

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die Szintigramme von 26 Patienten ausgewertet.
Die Szintigramme wurden 1 bis 6 Tage nach Radiojodgabe mit Gammakamera und Pinholekollimator und angeschlossenem Auswertesystem durchgeführt.
10 Patienten wurden unter der Diagnose eines dekompensierten autonomen Adenoms (mittlere Aktivität der Restschilddrüse weniger als 20% der Aktivität im Adenom), 16 Patienten unter der Diagnose einer hyperthyreoten Knotenstruma teils mit lokalen Autonomien behandelt.
Die Aktivität für die Radiojodtherapie wurde für eine Dosis zwischen 12000 und 20000 rad nach der Formel:
208 * HWZ * max. Sp. * Aktivität / Schilddr.-Gewicht
berechnet, wobei die einzusetzenden Parameter aus dem Radiojodzweiphasentest und das Schilddrüsengewicht aus Tastbefund und Szintigramm ermittelt wurde.
Einer der Patienten mit dekompensiertem autonomen Adenom und sieben Patienten mit hyperthyreoten Knotenstrumen erhielten während des Beobachtungszeitraums Thyreostatika.
Bei 18 Patienten liegt die Therapie mehr als ein Jahr zurück. Mit Hilfe klinischer Daten (T3/T4) und Kontrollszintigrammen bei den Nachuntersuchungen wurde versucht, den therapeutischen Erfolg in Beziehung zur erreichten Dosis im Adenom zu setzen.
Sieben Patienen mit Radiojodtherapie wurden zweimal im Abstand von zwei bis drei Tagen szintigraphiert

mit dem Ziel, eine Aussage über die Jodkinetik in der Schilddrüse getrennt für autonomes Gewebe und Restschilddrüse zu erhalten.
Nach dem unter 2.3.2 beschriebenen Auswerteverfahren wurden für jeden Patienten eine Maßzahl für die Fläche (= Bildpunkte) und eine Maßzahl für die Aktivität (= Impulse) getrennt nach autonomem Gewebe und Restschilddrüse ermittelt. Die beim jeweiligen Patienten im Radiojodtest gemessene maximale Speicherung wurde entsprechend den erhaltenen Maßzahlen für die Aktivität auf autonomes Gewebe und Restschilddrüse verteilt. Unter der vereinfachten Annahme Fläche = Gewicht wurde das Schilddrüsengewicht entsprechend den erhaltenen Maßzahlen für die Fläche aufgeteilt. Die oben genannte Formel 208 * HWZ * max. Sp. * Aktivität / Gewicht erlaubt dann die Berechnung der Dosis in den verschiedenen Geweben.

3 Ergebnisse

3.1 Vergleich Kamera / Scanner

Die theoretischen Vorteile der Schilddrüsenszintigraphie mit Gammakamera und Pinholekollimator ließen sich praktisch bestätigen. Dies soll zunächst an einzelnen Beispielen gezeigt werden.

3.1.1 Auflösung

Ein wichtiger Vorteil der Szintigraphie mit Gammakamera und Pinholekollimator gegenüber dem Scanner besteht in der besseren Auflösung (3). In Schilddrüsen, die im Scannerszintigramm als diffuse Strumen erscheinen, können zusätzlich verstärkt speichernde Bezirke, also Mikroadenome, erkannt werden. Abb. 2 und Abb. 3 zeigen die Szintigramme einer 54-jährigen, klinisch euthyreoten Patientin nach 1mCi 99mTcO4. Das Scannerszintigramm (Abb. 2) zeigt eine Struma diffusa mit etwas unregelmäßiger Speicherung. Im Kameraszintigramm (Abb. 3) erkennt man verstärkt speichernde, eventuell autonome Bezirke am rechten Oberpol und in der Mitte des linken Lappens. Kalte Bezirke, die auf dem Scannerszintigramm nicht mehr aufgelöst werden, können mit der Gammakamera mit Pinholekollimator noch sichtbar gemacht werden. Abb. 4 und Abb. 5 zeigen die Szintigramme einer 48-jährigen Patientin mit Rezidivstruma und Trachealeinengung nach Strumektomie vor 16 Jahren. Die Patientin erhielt

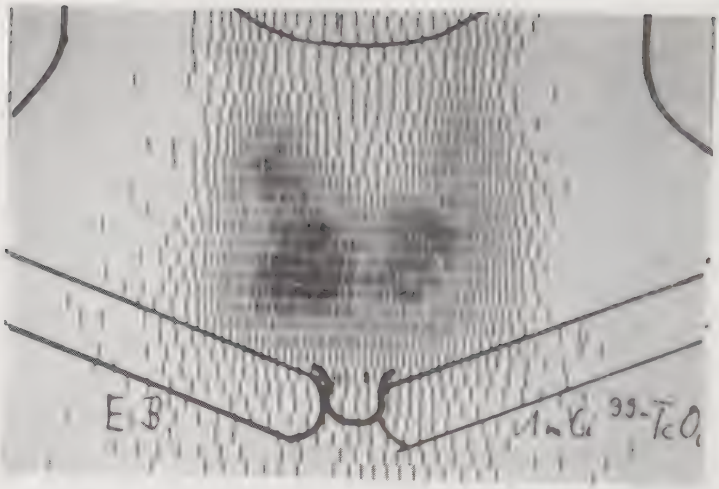

Abb. 2

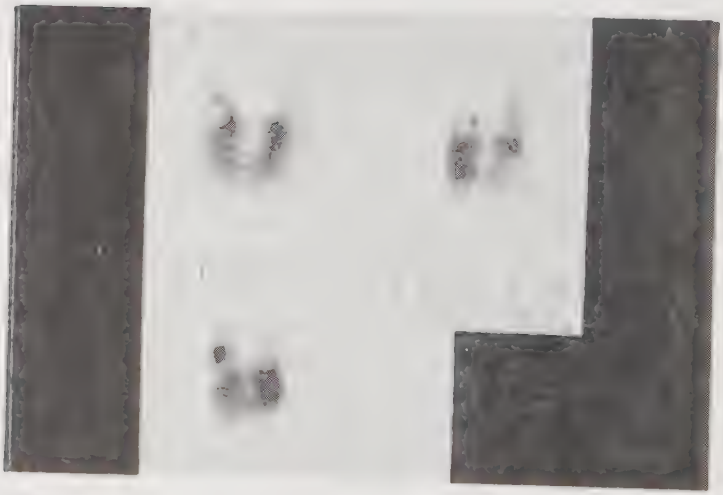

Abb. 3

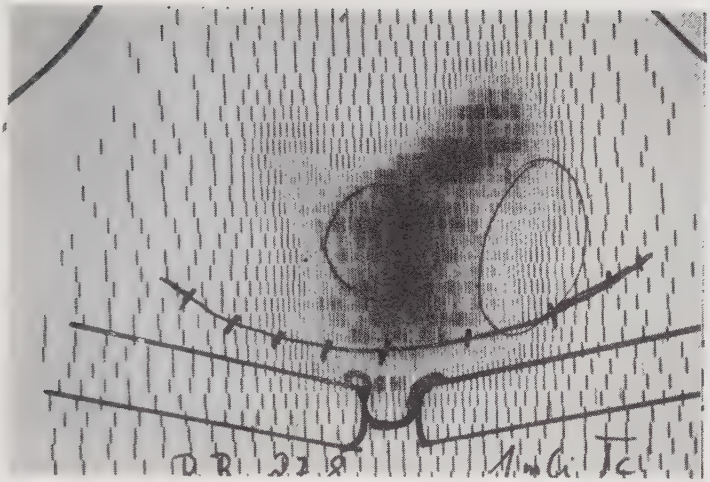

Abb. 4

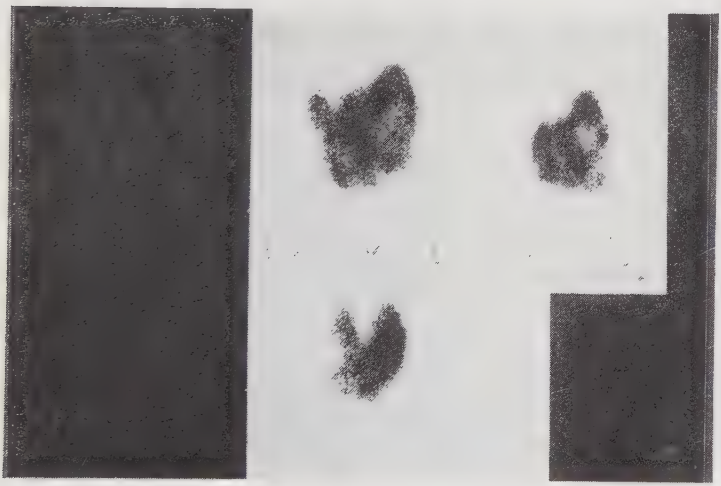

Abb. 5

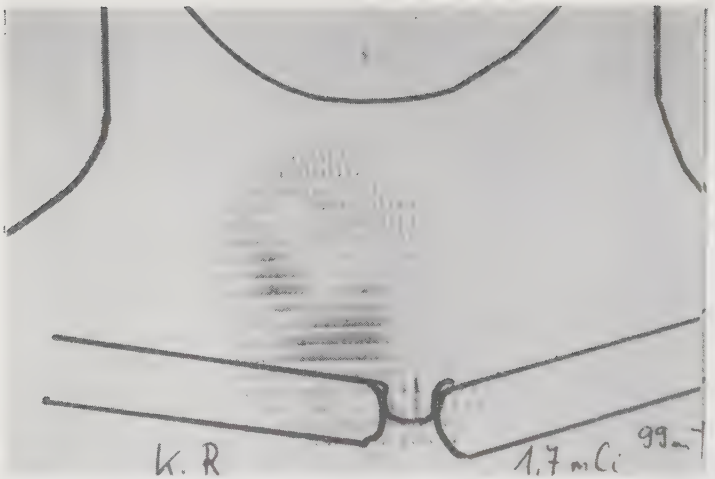

Abb. 6

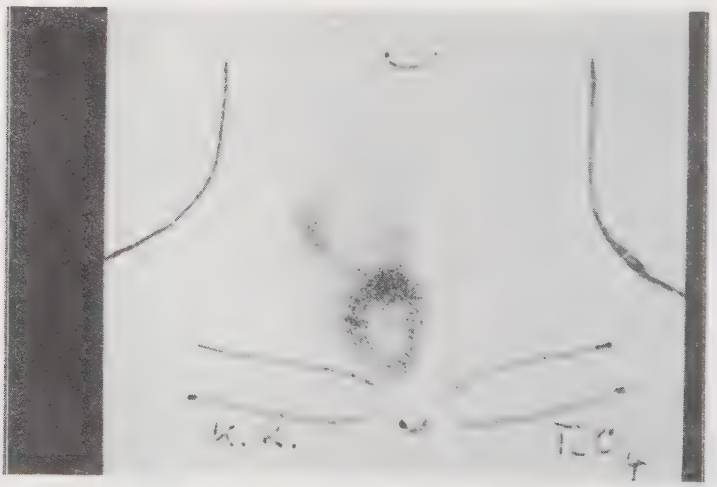

Abb. 7

1 mCi 99mTcO4. Das Scannerszintigramm (Abb. 4) zeigt einen warmen Mittellinienknoten und einen kalten Knoten links. Das Kameraszintigramm (Abb. 5) deckt in allen drei Sichten multiple kalte Bezirke auf. Adenomknoten, die im Scannerszintigramm als gleichmäßig vermehrt speichernde Bezirke erscheinen, lassen bei höherer Auflösung im Kameraszintigramm in unterschiedlichem Ausmaß speichernde Gebiete erkennen. Abb. 6 und Abb. 7 zeigen die Szintigramme einer 78-jährigen Patientin mit dekompensiertem autonomen Adenom nach 1mCi 99mTcO4. Im Scannerszintigramm (Abb. 6) ist ein Adenom mit Teildefekt zu erkennen. Das Kameraszintigramm (Abb. 7) liefert ein besser strukturiertes Bild, auf dem ein kalter Bezirk im Zentrum des Adenoms sichtbar wird.

3.1.2 Schrägaufnahmen

Die Verwendung von Gammakamera und Pinholekollimator ermöglicht zusätzlich zur Aufnahme in ventraler Sicht Aufnahmen in Schrägsicht. Einerseits ermöglichen diese Schrägaufnahmen die Erkennung von verstärkt bzw. weniger stark speichernden Bezirken, die bei der ventralen Aufnahme vom normalen Schilddrüsengewebe so überdeckt sind, daß sie nicht differenziert werden können. Andererseits ermöglichen sie oft die Zuordnung von tastbaren Knoten, ob heiß oder kalt, die, besonders wenn die Knoten in der Mittellinie der Schilddrüse liegen, auf dem Scannerszintigramm oft nicht möglich ist (2), (14), (15). Abb. 8 und Abb. 9

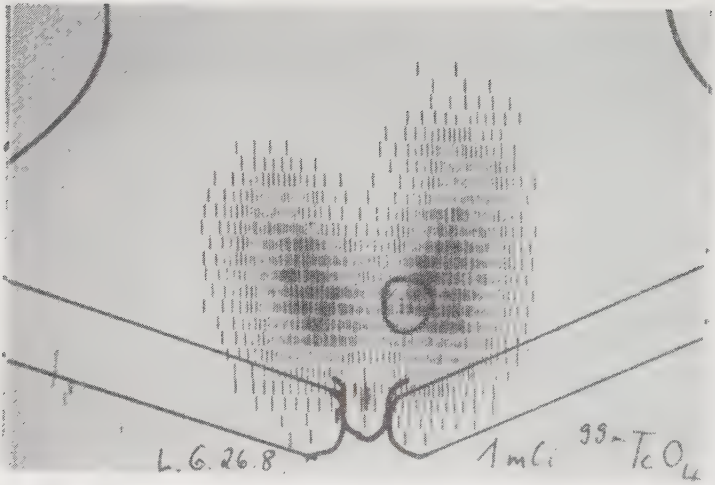

Abb. 8

Abb. 9

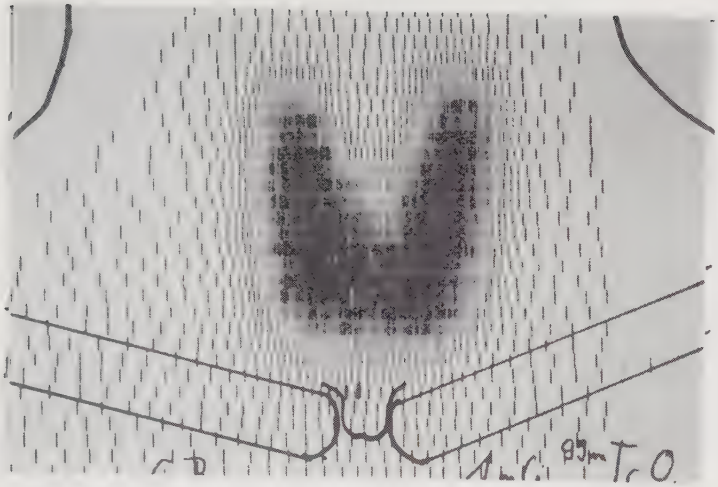

Abb. 10

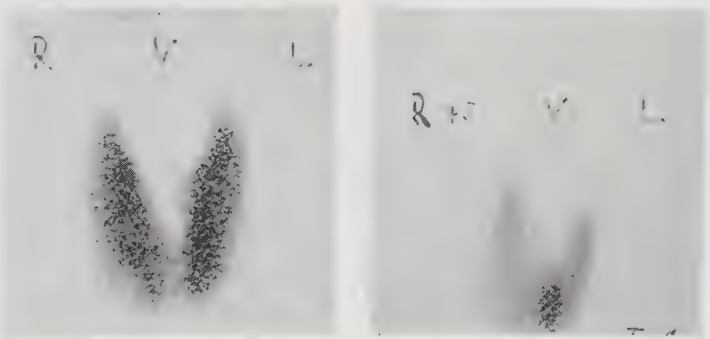

Abb. 11

zeigen die Szintigramme einer 47-jährigen, klinisch euthyreoten Patientin nach 1mCi 99mTcO4. Das Scannerszintigramm (Abb. 8) zeigt eine diffuse Struma. Der tastbare Mittellinienknoten ist nicht zu erkennen und hinsichtlich seiner Funktion nicht zu beurteilen. In ventraler und linksschräger Sicht des Kameraszintigramms (Abb. 9) ist der Knoten eindeutig als kalt zuzuordnen. Abb. 10 und Abb. 11 zeigen die Szintigramme einer 21-jährigen, klinisch euthyreoten Patientin nach 1mCi 99mTcO4. Das Scannerszintigramm (Abb. 10) zeigt eine diffuse Struma. Der tastbare Mittellinienknoten ist nicht zu erkennen. Auch im Kameraszintigramm (Abb. 11) ist der Knoten in ventraler Sicht nicht zu differenzieren. Erst die Schrägaufnahme läßt den Knoten als deutlich vermehrt speichernd erkennen.

3.1.3 Aussteuerungsbreite

Ein weiterer Vorteil der Gammakameraszintigraphie, der zwar nicht dem Pinholekollimator, sondern der Dokumentation auf Röntgenfilm zuzuschreiben ist, besteht in der höheren Aussteuerungsbreite gegenüber dem Scanner. So kommt neben autonomen Adenomen die Restschilddrüse in den meisten Fällen zur Darstellung. Bei Schilddrüsenkarzinomen können auch wenig speichernde Lymphknotenmetastasen erkannt werden. Abb. 12 und Abb. 13 zeigen die Szintigramme einer 54-jährigen Patientin mit papillärem Schilddrüsenkarzinom und Thyreoidektomie vor zwei Monaten. Die

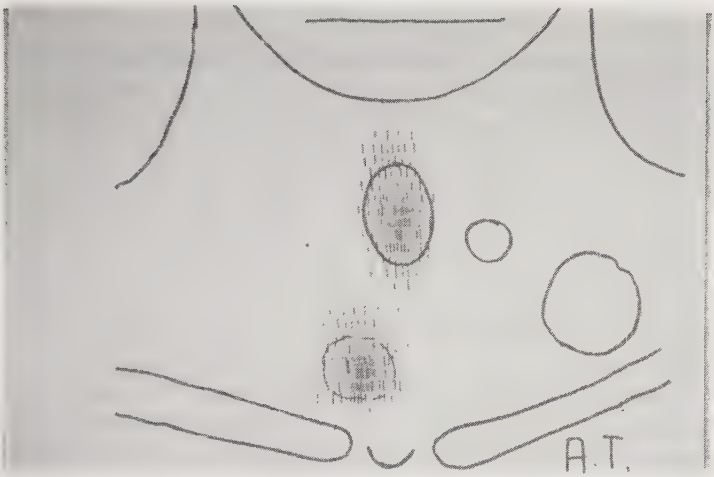

Abb. 12

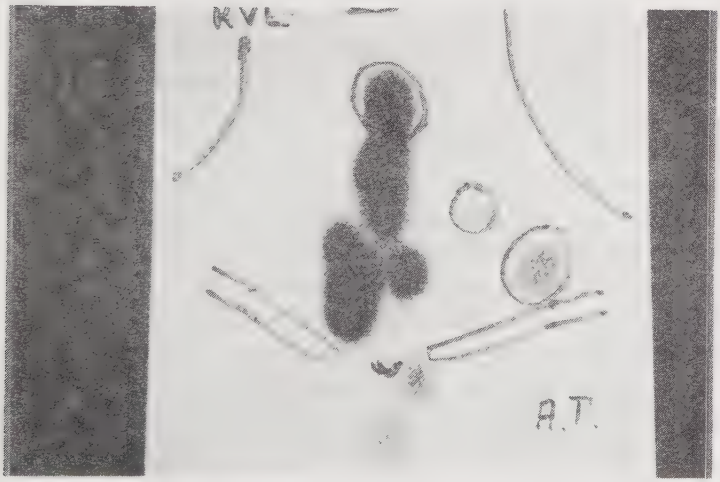

Abb. 13

Patientin erhielt 50 mCi 131J zur Therapie. Im Scannerszintigramm (Abb. 12) ist eine eindeutige Speicherung nur in der Restschilddrüse und im Ductus thyreoglossus erkennbar. Das Kameraszintigramm (Abb. 13) deckt zusätzlich speichernde Lymphknotenmetastasen auf.

3.1.4 Vergleich Kamera / Scanner

Zur Beurteilung der Aussagekraft beider Methoden, insbesondere in Hinsicht auf klinische Belange, wurden die Szintigramme aller Patienten vergleichend in drei Gruppen eingeteilt. Gruppe 1 enthält diejenigen Fälle, in denen die Kameraszintigraphie eine entscheidende Mehraussage gegenüber dem Scanner brachte. Gruppe 2 enthält diejenigen Fälle, bei denen durch die Kameraszintigraphie eine zusätzliche Aussage möglich war, die aber ohne Einfluß auf das weitere Vorgehen blieb. Gruppe 3 enthält diejenigen Fälle, in denen das Kameraszintigramm keine weitere Aussage zuließ. Mehraussage bedeutet bei der Routinediagnostik vor allem die Erkennung zusätzlicher Inhomogenitäten in diffusen Strumen und die Möglichkeit der Zuordnung tastbarer Knoten. Bei der posttherapeutischen Szintigraphie ist vor allem die Darstellung zusätzlicher speichernder Karzinommetastasen von Bedeutung. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 und Tab. 2 dargestellt.
Diese Zusammenstellung zeigt, daß durch die Kameraszintigraphie bei etwa einem Drittel der untersuchten

Patienten eine entscheidende Aussage und bei einem weiteren Drittel eine zusätzliche Aussage möglich war.

Diagnose klinisch und mit Scanner	n	Pinhole identisch	zusätzl. Aussage	entscheid. Aussage
Struma diffusa	4	1	-	3
Struma nodosa	8	3	2	3
Rezidivstruma	3	1	-	2
hyperth. Knotenstr.	4	1	3	-
dek. auton. Adenom	4	1	2	1
M. Basedow	1	1	-	-
Thyreoiditis	1	-	1	-
gesamt	25	8=32%	8=32%	9=36%

Tab. 1: Vergleich zwischen Schilddrüsenszintigraphie mit Scanner und Gammakamera mit Pinhole-kollimator bei 25 Patienten aus der Routine-diagnostik mit 99mTcO4.

Diagnose klinisch und mit Scanner	n	identisch	Pinhole zusätzl. Aussage	entscheid. Aussage
M. Basedow	8	5	1	2
hyperth. Knotenstr.	11	6	4	1
dek. auton. Adenom	8	2	4	2
Str. maligna, Rest-SD-Ausschaltung	13	4	1	8
Struma nodosa, mechan. Indikation	2	2	-	-
gesamt	42	19=45%	10=24%	13=31%

Tab. 2: Vergleich zwischen Schilddrüsenszintigraphie mit Scanner und Gammakamera mit Pinhole-kollimator bei 42 Patienten nach Radiojodtherapie.

3.2 Quantitative Auswertung

3.2.1 Jodkinetik in autonomem Gewebe und Restschilddrüse

Alle sieben Patienten, bei denen zwei Szintigramme im Abstand von zwei bis drei Tagen durchgeführt wurden, zeigten im zweiten Szintigramm die gleiche Aktivitätsverteilung wie im ersten. Die Jodkinetik scheint sich also, zumindest wenn ein Gleichgewichtszustand erreicht ist, im autonomen Gewebe und in der Restschilddrüse gleich zu verhalten. Nur unter dieser Voraussetzung ist es auch möglich, bei der getrennten Berechnung der Dosis für autonomes Gewebe und Restschilddrüse dieselbe aus dem Radiojodzweiphasentest für die gesamte Schilddrüse ermittelte Halbwertszeit einzusetzen, anstatt sie für Adenom und Restschilddrüse getrennt, entsprechend dem im jeweiligen Gewebe gemessenen Aktivitätsabfall, zu berechnen.

3.2.2 Dosisverteilung bei 26 autonomen Adenomen und Knotenstrumen nach Radiojodtherapie

Die autonomen Gewebsbezirke erhalten nach der neuen Auswertung höhere Dosen als für die Gesamtschilddrüse ursprünglich errechnet. Bei den 26 untersuchten Patienten ergaben sich Unterschiede um das 1,5 bis 4,5-fache. Im Einzelfall kann man also nur mit Einschränkung aus der für die Gesamtschilddrüse

errechneten Dosis auf die tatsächlich im autonomen Gewebe erreichte Dosis schließen.
Genauso gehen die individuellen Unterschiede aus der Verteilung der Dosis auf autonomes Gewebe und Restschilddrüse hervor. Die Quotienten aus Dosis Restschilddrüse / Dosis Adenom bewegen sich bei den untersuchten Patienten zwischen 0,07 und 0,35.
Die Ergebnisse sind in Tab. 3 dargestellt.
Wenn man die Patienten, die gleichzeitig Thyreostatika erhielten, mit denjenigen Patienten, die ausschließlich mit Radiojod behandelt wurden, vergleicht, ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede in Bezug auf das Dosisverhältnis Restschilddrüse / Adenom.

3.2.3 Verlaufskontrolle von 18 Patienten, deren Radiojodtherapie länger als ein Jahr zurückliegt

Im Beobachtungszeitraum traten bei keinem der Patienten Hypothyreosen auf.
Alle 7 Patienten (1 dekompensiertes autonomes Adenom, 6 Knotenstrumen), die während der Radiojodtherapie mit Thyreostatika behandelt wurden, waren nach einem Jahr noch therapiebedürftig hyperthyreot.
Von den übrigen 6 dekompensierten autonomen Adenomen blieb eines hyperthyreot, 2 wurden euthyreot, bei 2 bestand nie eine manifeste Hyperthyreose. Rückschlüsse auf die Änderung der Schilddrüsenfunktion in Abhängigkeit von der Dosis sind insbesondere wegen der geringen Anzahl von Patienten nicht möglich.

	verabreichte Aktivität (mCi 131J)	Dosis (rad) Adenom	Rest-schilddr.	Quotient Restschilddr./ Adenom
dekompensiertes autonomes Adenom, unbehandelt, n = 9				
	8	16501	3397	0,21
	6	12480	2496	0,20
	8	37717	5481	0,15
	6	20966	1398	0,07
	6	10483	--	--
	8	11066	--	--
	8	17903	3438	0,19
	14	33939	6405	0,19
	8	13691	--	--
x	8	19416	2513	0,11
(s)	(2,4)	(9934)	(2392)	(0,09)
dekompensiertes autonomes Adenom, behandelt, n = 1				
	9	13371	2582	0,19

Tab. 3 (Fortsetzung nächste Seite)

	verabreichte Aktivität (mCi 131J)	Dosis (rad) Adenom	Rest-schilddr.	Quotient Restschilddr./ Adenom
hyperthyreote Knotenstruma, unbehandelt, n = 9				
	8	23296	8154	0,35
	10	13267	3256	0,25
	8	31061	6744	0,22
	10	33235	4711	0,14
	10	17597	5132	0,29
	10	47156	10608	0,22
	10	23829	5762	0,24
	5	21596	6191	0,29
x	9	27460	6497	0,25
(s)	(1,7)	(10444)	(2177)	(0,06)
hyperthyreote Knotenstruma, behandelt, n = 7				
	7	44165	5339	0,12
	10	9360	1974	0,21
	15	16848	3744	0,22
	15	17550	4786	0,27
	13	42151	3219	0,08
	10	19054	1671	0,09
	14	67019	16095	0,24
x	12	30878	5261	0,18
(s)	(3,1)	(20765)	(4963)	(0,08)

Tab. 3 (Fortsetzung)

Entscheidender erscheint die Veränderung des szintigraphischen Befunds. Dies verdeutlicht die Abb. 21. Es wurden vier Gruppen nach folgenden Beurteilungskriterien des Szintigramms gebildet:

1. keine Änderung des Szintigramms
2. Szintigramm ausgeglichener, jedoch noch verstärkte Speicherung im Adenom
3. Szintigramm gleichmäßig
4. ehemaliges Adenom jetzt kalt

Nach den Ergebnissen bei den untersuchten Patienten scheinen für den therapeutischen Erfolg bei den dekompensierten autonomen Adenomen 20000 rad notwendig zu sein, wobei als Erfolg ein gleichmäßiges Szintigramm oder ein jetzt kaltes Adenom gewertet wird. Bei den hyperthyreoten Knotenstrumen, bei denen ein im Vergleich zur Ausgangslage ausgeglicheneres, jedoch nicht unbedingt ganz gleichmäßiges Szintigramm, angestrebt wird, scheint der wirksame Bereich bei über 30000 rad zu liegen.

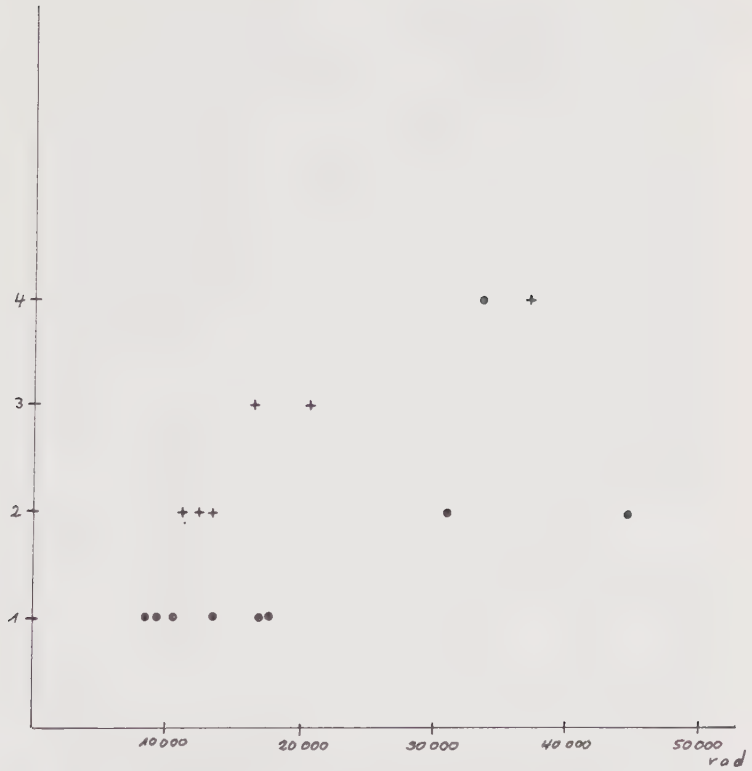

Abb. 21: Abhängigkeit der Szintigrammveränderung von der verabreichten Dosis bei Radiojodtherapie
Ordinate: Veränderung des Szintigramms
Abszisse: verabreichte Adenom-/Knotendosis
+: Adenome ●: Knotenstrumen

4 Diskussion

Die technische Überlegenheit der Gammakamera mit Pinholekollimator zeigt sich in der höheren Auflösung, in der Möglichkeit von Schrägaufnahmen und in der besseren Dokumentationsmöglichkeit auf Röntgenfilmen mit deren höheren Aussteuerungsbreite. Daraus ergibt sich die Frage, ob und in wieweit diese Überlegenheit eine Bedeutung für die klinische Aussagekraft hat. HURLEY und Mitarbeiter (3), die eine vergleichende Untersuchung an 100 Patienten durchführten, konnten zeigen, daß die Szintigraphie mit Gammakamera und Pinholekollimator in 64% der Fälle ein besseres Bild ergab. Ein ähnliches Resultat bringt die Zusammenstellung der Patienten dieser Untersuchung. In etwa zwei Drittel der Fälle lieferte die Szintigraphie mit Gammakamera und Pinholekollimator ein qualitativ besseres Bild. Damit stellt sich allerdings das Problem der Bewertung. Die verbesserte Darstellung von Feinstrukturen verwischt in gewisser Weise die Unterschiede zwischen normalem, gleichmäßig speicherndem Schilddrüsengewebe und vermehrt bzw. vermindert speichernden Bezirken, da alle Übergänge lokaler Unregelmäßigkeiten dargestellt werden. So wird die Zahl der normalen Schilddrüsenszintigramme sicher geringer als bei der Scannerszintigraphie. HURLEY und Mitarbeiter (3) finden bei 30 normalen, zur Hirnszintigraphie zugewiesenen Patienten in 45% der Fälle verstärkt speichernde Bezirke und in 11% der Fälle kühle Bezirke.
Im eigenen Krankengut konnten mit der Pinhole-

szintigraphie bei 3 von 15 untersuchten Strumen verstärkt speichernde Bezirke entdeckt werden, die im Scannerszintigramm nicht zu erkennen waren. So scheint es bei verbesserter Szintigrammauflösung die gleichmäßig speichernde Struma diffusa überhaupt nicht zu geben. Sie besteht vielmehr aus multiplen heißen und kalten Bezirken. Diese multiplen heißen Bezirke dürften Ausdruck des umschriebenen autonomen Schilddrüsengewebes sein, dessen Größe bzw. Gewicht von JOSEPH (4) mit Hilfe der quantitativen Schilddrüsenszintigraphie unter Suppression direkt gemessen wird. Die Frage nach der Autonomie des Schilddrüsengewebes ist demnach mehr ein quantitatives als ein qualitatives Problem. Hier taucht die Frage nach der therapeutischen Konsequenz auf. Die Verdachtsdiagnose der thyreoidalen Autonomie kann nach JOSEPH (4) in Strumaendemiegebieten bei über 70% der Patienten mit blanden Strumen, bei denen periphere Hormonkonzentration und TRH-Test normal sind, gestellt werden. Bei einigen der Patienten tritt irgendwann eine hyperthyreote Entgleisung, meist durch iatrogene Jodzufuhr, auf. Die Mehrzahl jedoch wird nie klinisch auffällig. Das therapeutische Eingreifen wird also bei den Autonomien der Schilddrüse von klinischen Entscheidungskriterien bestimmt.
Besondere Probleme ergeben sich bei der Beurteilung vermindert speichernder Bezirke, vor allem in Hinblick auf die Verdachtsdiagnose eines Schilddrüsenkarzinoms (11), (12), (13). Durch die stärkere Auflösung und die Möglichkeit der seitlichen Aufnahmen erhöht sich die Zahl der Befunde mit vermindert speichernden Bezirken

in der Schilddrüse. Im eigenen Krankengut wurden bei 7 von 15 untersuchten Strumen zusätzliche kalte Bezirke entdeckt. Jeder kalte Knoten ist aber auf ein Karzinom verdächtig und muß daraufhin abgeklärt werden. Dazu stehen mehrere Methoden zur Verfügung, von denen besonders die Feinnadelbiopsie und die Ultraschall-untersuchung Bedeutung haben (11), (12), (13). Allerdings schließen alle diese Untersuchungen ein Schilddrüsenkarzinom nicht mit letzter Sicherheit aus. Deshalb ergibt sich bei jedem Fall die Frage, ob ein operatives Vorgehen angezeigt ist. Das häufigere Auffinden von kalten Bezirken bedingt damit eine Erhöhung der Operationsfrequenz mit ihren Komplikationen und Folgen. Demgegenüber steht die relative Seltenheit der Schilddrüsenkarzinome und ihr in vielen Fällen gutartiger Krankheitsverlauf (11), (16). Die Angaben über die Malignomfrequenz speziell für die kalten Knoten schwanken je nach Untersuchung zwischen 5 und 20% (11). Besonders in Strumaendemiegebieten liegt sie wegen der dort häufig auftretenden knotigen Schilddrüsenveränderungen niedrig, so daß die Operationsindikation, die von verschiedenen Autoren unterschiedlich streng gestellt wird (11), in Endemiegebieten noch mehr relativiert werden muß als sonst. GALVAN (13) fand in 60% aller Knotenstrumen eines Endemiegebietes szintigraphisch solitäre oder multiple kalte Areale, jedoch nur in 5% dieser kalten Areale eine maligne Veränderung. So scheint es, daß die Karzinomdiagnostik durch die verbesserte Szintigraphietechnik eher schwieriger wird. Für gesicherte und behandelte Fälle von

Schilddrüsenkarzinom erleichtert die verbesserte Szintigraphie die Verlaufskontrolle. Schlecht speichernde Metastasen, die im Scannerszintigramm nicht dargestellt werden, können auf dem Kameraszintigramm erkannt werden. Im eigenen Krankengut war das bei 8 von 13 untersuchten Patienten der Fall. So wird die qualitative Bewertung des Schilddrüsenszintigramms sicher in erster Linie leichter und verbessert.
Die bisherigen Kriterien der quantitativen Bewertung über Regions of Interest sind dagegen nicht mehr anwendbar, insbesondere sind stark speicherndes - autonomes - Gewebe und schwach speichernde - gesunde - Schilddrüse mit der ROI-Technik bei disseminierten Autonomien nicht mehr quantitativ differenzierbar.
Die in dieser Arbeit beschriebene Auswertemethode ordnet dagegen die einzelnen Bildpunkte entsprechend ihrer Impulsrate autonomem oder normalem Schilddrüsengewebe zu und macht so die Markierung der Grenzen durch ROIs überflüssig.
Damit wird die Schwierigkeit dieser Methode vermieden, die sich aus der subjektiven Festlegung der Grenzen durch verschiedene Auswerter und auch denselben Auswerter bei mehreren Auswertungen ergibt. Auch ist es technisch schwierig, die sichtbaren Feinstrukturen mit der ROI-Technik zu markieren. Die neue Methode erlaubt eine objektive und reproduzierbare Festlegung der Grenzen, wobei die Betrachtung der Kurve B und die Bestimmung deren Minima als Kriterium dient. Die Schwierigkeit der Methode liegt darin, daß

sich durch die Inhomogenität der verschiedenen Gewebe teilweise vielgipflige Kurven ergeben. Auch erfolgt die Trennung der Schilddrüsenregionen nur zweidimensional. Daraus ergeben sich Fehlermöglichkeiten durch die unterschiedliche Tiefenausdehnung von Adenomknoten und durch Überlagerung von Adenomgewebe und Restschilddrüse (19), (20). Die Kombination 3D-Szintigraphie mit der beschriebenen Auswertemethode könnte diesen Fehler vermeiden helfen.
Die objektive Bestimmung der Flächenanteile, die dem Adenom bzw. der Restschilddrüse zuzuordnen sind, gewährleistet bei mehrmaligen Aufnahmen an verschiedenen Tagen eine gleichwertige Flächenaufteilung bei allen Szintigrammen. Dadurch wird eine vergleichende Beobachtung der Aktivitätsveränderung in den verschieden Gebieten und damit eine Aussage über die Jodkinetik, getrennt für Adenom und Restschilddrüse, erleichtert.
Die Einteilung autonomer Adenome erfolgt szintigraphisch nach folgenden Kriterien: ein Adenom mit einem Impulsratenverhältnis von 100% im Adenom zu über 20% im paranodulären Gewebe wird als kompensiert bezeichnet. Nimmt das paranoduläre Gewebe weniger als 10% der Aktivität des heißen Knotens auf, wird es als dekompensiert bezeichnet. Liegt die Speicherung im paranodulären Gewebe zwischen 10 und 20%, so liegt eine Übergangsform vor, die als fast dekompensiertes Adenom bezeichnet wird (18). Die beschriebene Auswertetechnik ermöglicht die Bestimmung der Impulsraten getrennt für Adenom und Restschilddrüse und trägt damit zu einer Objektivierung dieser

Einteilungskriterien bei (17). Allerdings liegen nach verschiedenen Autoren unterschiedliche Befunde über das Ausmaß der Korrelation dieser szintigraphischen Einteilung und funktioneller Kriterien, wie zum Beispiel TRH-Test und Schilddrüsenhormonbestimmung, vor. Demnach wird auch die praktische Bedeutung der getrennten Impulsratenmessung für die Diagnostik des autonomen Adenoms unterschiedlich beurteilt (17), (20). Demgegenüber bietet sich die getrennte Bestimmung der Impulsraten für die Dosisberechnung bei der Radiojodtherapie aus mehreren Gründen an. Der Vergleich der erreichten Adenomdosis mit derjenigen, die aufgrund des Radiojodtests für die gesamte Schilddrüse errechnet wurde, zeigt, daß eine Bestimmung der Dosis nur für die gesamte Schilddrüse im Einzelfall zu Fehleinschätzungen in Bezug auf die erreichte Dosis sowohl im Adenom als auch in der Restschilddrüse führen kann. Es besteht eine Abhängigkeit des therapeutischen Erfolges von der Dosis (17). Wie aufgrund der unterschiedlichen Dosisverteilung auf Adenom und Restschilddrüse erwartet, scheint sich eine bessere Korrelation zwischen Dosis und therapeutischem Erfolg zu ergeben, wenn man an Stelle der Gesamtschilddrüsendosis die Adenomdosis einsetzt, wobei bei der geringen Patientenzahl keine abschließende Aussage gemacht werden kann (Abb. 21).
Nach HEINZE (17) ist eine Reduktion der Späthypothyreosenrate nach Radiojodtherapie möglich, wenn durch Kontrollszintigramme unmittelbar vor der Therapie die Aufnahme des Therapiejods durch das paranoduläre Gewebe ausgeschlossen wird. Auch in

dieser Hinsicht führt die getrennte Dosisberechnung für Adenom und Restschilddrüse zu einer besser objektivierbaren Bewertung der Szintigramme.
Die Abhängigkeit des therapeutischen Erfolgs von der Dosis sowie die Gefahr der Späthypothyreose bei nicht genügend supprimierter Restschilddrüse lassen es - insbesondere in Hinsicht auf die bei den einzelnen Patienten doch sehr unterschiedliche Verteilung der Dosis auf das autonome Gewebe bzw. die Restschilddrüse - sinnvoll erscheinen, sie möglichst genau und vor allem getrennt zu berechnen.

Literatur

1 ARNOLD J. E., S. M. PINSKY, YUN RYO U., L. FROHMAN, A. SCHNEIDER, M. FAVUS, M. STACHURA, M. ARNOLD, M. COLMAN.
99mTcO4 thyroid scintigraphy in patients predisposed to thyroid neoplasms by prior radiotherapy to the head and neck.
Radiology 115 (1975), 653

2 ARNOLD J. E., S. M. PINSKY.
Comparison of 99mTc and 123J for thyroid imaging.
J. Nucl. Med. 17 (1976), 261

3 HURLEY P. J., H. W. STRAUSS, P. PAVONI, J. K. LANGAN, H. N. WAGNER.
The scintillation camera with pinhole collimator in thyroid imaging.
Radiology 101 (1971), 133

4 JOSEPH K.
Statische, dynamische und quantifizierte Schilddrüsenszintigraphie.
Der Nuklearmediziner 2 (1979), 83

5 KEYES J. W., J. H. THRALL, J. E. CAREY.
Technical considerations in in vivo thyroid studies.
Sem. Nucl. Med. 8 (1978), 43

6 MAISEY M. N., D. C. MOSES, P. J. HURLEY et al.
Improved methods for thyroid scanning:
a correlation with surgical findings.
JAMA 223 (1973), 761

7 McKEIGHEN R. E., G. MUEHLLEHNER, R. A. MOYER.
Gamma camera collimator considerations for
imaging 123J.
J. Nucl. Med. 15 (1974), 328

8 SISSON J. C., S. P. BARTOLD, S. L. BARTOLD.
The dilemma of the solitary thyroid nodule:
resolution through decision analysis.
Sem. Nucl. Med. 8 (1978), 59

9 F. SOJITRAWALLA.
Schilddrüsenszintigraphie.
Therapiewoche 27 (1977), 4655

10 P. PFANNENSTIEL.
Kritische Bewertung der Schilddrüsendzintigraphie.
Med. Klin. 72 (1977), 1

11 W. BÖRNER, D. EMRICH, F. A. HORSTER, E. KLEIN,
P. PFANNENSTIEL, E. REINWEIN.
Diagnostik und Therapie des Solitärknotens der
Schilddrüse.
Med. Welt 28 (1977), 721

12 M. DROESE, K. KEMPKEN.
Die Feinnadelpunktion in der Schilddrüsendiagnostik.
Med. Klin. 71 (1976), 229

13 G. GALVAN.
Feinnadelpunktion und Zytodiagnostik kalter Strumaknoten im Strumaendemiegebiet.
DMW 32 (1970), 1631

14 JULIAN R. KARELITZ and JOHN B. RICHARDS.
Necessety of oblique views in evaluating the functional states of a thyroid nodule.
J. Nucl. Med. 15 (1974), 782

15 BLUM M., A. B. GOLDMAN.
Improved diagnosis of nonedelineated thyroid nodules by oblique scintillation scanning and echography.
J. Nucl. Med. 16 (1975), 731

16 P. PFANNENSTIEL.
Der maligne Solitärknoten der Schilddrüse.
Med. Welt 27 (1976), 2119

17 H. G. HEINZE, C. R. PICKARDT, K. HORN, G. SWOBODA.
Diagnostik und Therapie des autonomen Adenoms der Schilddrüse.
Therapiewoche 27 (1977), 4712

18 H. G. HEINZE, C. R. PICKARDT, P. C. SCRIBA.
Das autonome Adenom der Schilddrüse.
DMW 100 (1975), 2223

19 D. EMRICH, A. von zur MÜHLEN, R.-D. HESCH,
F. HOTTENBACHER.
Zur Problematik des autonomen Adenoms.
Therapiewoche 25 (1975), 544

20 D. EMRICH, F. HOTTENBACHER, M. BÄHRE,
A. von zur MÜHLEN, R.-D. HESCH, J. KÖBBERLING.
Pathophysiologie und Diagnostik des autonomen
Adenoms.
Med. Klin. 72 (1977), 15

21 H. INGRISCH, H. G. HEINZE, J. WÖHLER, K. HORN,
K. J. PFEIFER, P. C. SCRIBA.
Absolute Jodaufnahme autonomer Adenome der
Schilddrüse vor und nach exogener TSH-Stimulation.
DMW 99 (1974), 1677

22 SALLY FORSTER.
Analyse dynamischer Kurven (CURVE)
in: Gamma-11 Applications
Digital Equipment Corporation

23 Gamma-11 Operator's Guide
Digital Equipment Corporation

```
      PROGRAM SD4
C     VERFASSER W. KAISER, E. KAISER
C     FASST EINE MATRIX TYP 5 (128*128 BYTES) IN SAVE AREA 8
C     DURCH VIERPUNKTEADDITION ZU EINER MATRIX TYP 4 (64*64 WORTE)
C     ZUSAMMEN UND SCHREIBT GLEICHZEITIG EINE VERTEILUNG
C     1) IMPULSE GEGEN IMPULSE/BILDPUNKT (KURVE 1)
C     2) BILDPUNKTE GEGEN IMPULSE/BILDPUNKT (KURVE 0)
C     NACH SAVE AREA 9.
      REAL DIFDIS(256),REAL1(128)
      BYTE BYTE1(512),BYTE2(128)
      INTEGER*2 INT1(256),INT2(64)
      EQUIVALENCE (BYTE1,INT1,REAL1)
      DATA DIFDIS/256*0./
      DEFINE FILE 1 (212,64,U,K1)
      CALL ASSIGN (1,'SVAR08.SYS',10,'OLD')
      DO 11 M=1,4
      K1=M
      READ (1'K1) (INT1(I),I=64*M-63,64*M)
11    CONTINUE
      IF (INT1(7).NE.1) GO TO 91
      IF (INT1(85).NE.1) GO TO 91
      IF (INT1(86).EQ.128) GO TO 12
91    CONTINUE
      WRITE (5,92)
92    FORMAT (' NOT A 128*128 BYTE MATRIX IN SAVE AREA 8')
      CLOSE (UNIT=1)
      CALL BGAMMA ('CA')
12    CONTINUE
      INT1(84)=4096
      INT1(85)=0
      INT1(86)=64
      DO 15 M=1,4
      K1=M
      WRITE (1'K1) (INT1(I),I=64*M-63,64*M)
15    CONTINUE
      DO 16 M=1,64
      K64=M+4
      K128B=2*M+4
      K128A=K128B-1
C-------ABARBEITEN DER UNGERADZAHLIGEN LINIEN
      READ (1'K128A) BYTE2
      DO 17 N=1,64
      IP1=IBYTE(BYTE2(N*2-1)) ! UNGERADZAHLIGE BILDPUNKTE
      IP2=IBYTE(BYTE2(N*2))   ! GERADZAHLIGE BILDPUNKTE DER LINIE
      INT2(N)=IP1+IP2
C-------ERSTER INDEX DES ARRAY IST 1, DESHALB KEINE "NULLZELLEN"
      IF (IP1.GT.0) DIFDIS(IP1)=DIFDIS(IP1)+1.
      IF (IP2.GT.0) DIFDIS(IP2)=DIFDIS(IP2)+1.
17    CONTINUE
C-------ABARBEITEN DER GERADZAHLIGEN LINIEN
      READ (1'K128B) BYTE2
      DO 18 N=1,64
      IP3=IBYTE(BYTE2(N*2-1))
      IP4=IBYTE(BYTE2(N*2))
      INT2(N)=INT2(N)+IP3+IP4
      IF (IP3.GT.0) DIFDIS(IP3)=DIFDIS(IP3)+1.
      IF (IP4.GT.0) DIFDIS(IP4)=DIFDIS(IP4)+1.
18    CONTINUE
      WRITE (1'K64) INT2
16    CONTINUE
```

```
        CALL CLOSE (1)
C-------ERMITTELN MAXIMUM DIFDIS, DIFDIS(M)*M
        DIFMAX=0.
        ACTMAX=0.
        DO 21 M=1,256
        IF (DIFDIS(M).GT.DIFMAX) DIFMAX=DIFDIS(M)
        IF (DIFDIS(M)*M.GT.ACTMAX) ACTMAX=DIFDIS(M)*M
21      CONTINUE
        DEFINE FILE 2 (53,256,U,K2)
        CALL ASSIGN (2,'SVAR09.SYS',10,'OLD')
C-------'UPDATEN' SAVE AREA DESCRIPTORBLOCK SAVE AREA # 8
C       ZUM WEGSCHREIBEN ALS DESCRIPTORBLOCK VON SAVE AREA # 9
        INT1(7)=128     ! KURVEN IN SAVE AREA
        INT1(108)=255   ! # FRAMES
        INT1(118)=1     ! # GROUPS
        INT1(119)=255   ! # FRAMES IN GROUP #1
        INT1(184)=1     ! # ROIS
        INT1(122)=1     ! EXP. RATE
        INT1(123)=1     ! EXP. RATE
        INT1(213)=1     ! # CELLS IN MATRIX
        INT1(214)=1     ! # CELLS IN ROI A
        DO 22 M=369,372
        BYTE1(M)=1      ! INSTALL ROI A
22      CONTINUE
        DO 23 M=373,416
        BYTE1(M)=-1
23      CONTINUE
        REAL1(114)=DIFMAX       ! MAXIMUM COUNT RATE MATRIX
        REAL1(115)=ACTMAX       ! MAXIMUM COUNT RATE ROI A
C-------WEGSCHREIBEN SAVE AREA DESCRIPTORBLOCK
        WRITE (2'1) INT1
C-------WEGSCHREIBEN KURVEN
        WRITE (2'2) (DIFDIS(I),I=1,128)
        WRITE (2'3) (DIFDIS(I),I=129,256)
C-------MULTIPLIZIEREN DIFDIS(M) MIT M, D. H. UMWANDELN ZAHL
C       DER BETREFFENDEN BILDPUNKTE IN IMPULSE IN DIESEN PUNKTEN
        DO 24 M=1,256
        DIFDIS(M)=DIFDIS(M)*M
24      CONTINUE
        WRITE (2'6) (DIFDIS(I),I=1,128)
        WRITE (2'7) (DIFDIS(I),I=129,256)
        CALL CLOSE (2)
        CALL BGAMMA ('CA')
        END
```

```
      PROGRAM SD5
C     VERFASSER W. KAISER
C     DAS PROGRAMM SD5 BERECHNET VERTEILUNGEN IMPULSE GEGEN
C     IMPULSE/ZELLE UND ZELLEN GEGEN IMPULSE/ZELLE
C     INNERHALB ROI A,B,C,D (IR MATRIX: SAVE AREA 8)
C     BILDMATRIX (128*128 BYTES): SAVE AREA 7 !!!
C     UND SCHREIBT DAS ERGEBNIS ALS KURVE NACH SAVE AREA 9.
      LOGICAL*1 BYTE(512),LINE1(128)
      INTEGER*2 INT(256),LINE2(64)
      INTEGER*2 MASK(4)
      INTEGER*2 DIS(256,8),DISMAX(8)
      REAL*4 REAL(256)
      EQUIVALENCE (BYTE,INT,REAL)
      DATA DIS/2048*0/
      DATA DISMAX/8*0/
      DATA MASK/1,2,4,8/
      DEFINE FILE 3 (212,64,U,K3)
      CALL ASSIGN (3,'SVAR07.SYS',10,'RDO')
      DO 611 M=1,4
      N1=M
      READ (3'N1) (INT(I),I=64*M-63,64*M)
611   CONTINUE
      REAL17=REAL(1)
      REAL27=REAL(2)
      IF (INT(7).NE.1) GO TO 691
      IF (INT(85).NE.1) GO TO 691
      IF (INT(86).EQ.128) GO TO 621
691   WRITE (5,692)
692   FORMAT (' NOT A 128*128 BYTE MATRIX IN SAVE AREA 7'/)
      CLOSE (UNIT=3)
      CALL BGAMMA ('CA')
621   CONTINUE
      DEFINE FILE 1 (212,64,U,K1)
      CALL ASSIGN (1,'SVAR08.SYS',10,'RDO')
      DO 11 M=1,4
      N1=M
      READ (1'N1) (INT(I),I=64*M-63,64*M)
11    CONTINUE
      REAL18=REAL(1)
      REAL28=REAL(2)
      IF (INT(7).NE.1) GO TO 91
      IF (INT(85).NE.0) GO TO 91
      IF (INT(86).EQ.64) GO TO 21
91    WRITE (5,92)
92    FORMAT (' NOT A 64*64 WORD MATRIX IN SAVE AREA 8'/)
      GO TO 99                  ! CALL BGAMMA
21    CONTINUE
      DO 31 J=1,128
      N1=J+4            ! J-TE LINIE DER BILDMATRIX
      N2=(J+1)/2+68             ! J-TE LINIE DER IR-MATRIX
      READ (3'N1) LINE1
      IF (J.NE.(J/2)*2) READ (1'N2) LINE2
      DO 32 I=1,128             ! ABARBEITEN EINER LINIE
      IR=LINE2((I+1)/2)
      IP=IBYTE(LINE1(I))
      IF (IP.LT.1) GO TO 470  ! NULLZELLEN NICHT ZAEHLEN!
      DO 410 I1=1,4
      J1=I1*2-1
      IF ((IR.AND.MASK(I1)).NE.0) DIS(IP,J1)=DIS(IP,J1)+1
410   CONTINUE
```

```
470     CONTINUE
32      CONTINUE
31      CONTINUE
C       MULTIPLITZIEREN MIT M, UM IMPULSE (AUS ZELLEN) ZU ERHALTEN
        DO 601 J1=1,4
        DO 601 J2=1,256
        DIS(J2,J1*2)=DIS(J2,(J1*2-1))*J2
601     CONTINUE
C       ERMITTELN DER KURVENMAXIMA
        DO 420 I1=1,8
        DO 430 I2=1,255
        IF (DISMAX(I1).LT.DIS(I2,I1)) DISMAX(I1)=DIS(I2,I1)
430     CONTINUE
420     CONTINUE
        DEFINE FILE 2 (53,256,U,K2)
        CALL ASSIGN (2,'SVAR09.SYS',10,'OLD')
        READ (2'1) INT
        IF (REAL18.NE.REAL(1).OR.REAL18.NE.REAL17) GO TO 693
        IF (REAL28.NE.REAL(2).OR.REAL28.NE.REAL27) GO TO 693
        GO TO 697
693     WRITE (5,694)
697     CONTINUE
694     FORMAT (' FILE NAMES DIFFER')
C       FOLGENDE ZEILEN INAKTIVIERT, DA SCHON VON SD4 ERLEDIGT
        IF (INT(7).NE.128) GO TO 695    ! NO CURVES IN SA 9
C       INT(7)=128                      ! KURVEN IN SAVE AREA 9
        BYTE(15)=9                      ! # SAVE AREA
C       INT(108)=255                    ! # FRAMES
C       INT(118)=1                      ! # GROUPS
C       INT(119)=255                    ! # FRAMES IN GROUP # 1
        INT(184)=12                     ! # ROIS, CURVE BRAUCHT ES
C                                       ! (ZUR NORMWERT-ERHALTUNG)
        DO 51 M=405,416
        BYTE(M)=-1                      ! KILL ROI J,K,L
51      CONTINUE
        DO 52 M=373,404
        BYTE(M)=1                       ! INSTALL ROI B,C,....F
52      CONTINUE
        DO 53 M=213,225
        INT(M)=1                        ! # CELLS
53      CONTINUE
        INT(122)=1                      ! EXP. RATE
        INT(123)=1                      ! EXP. RATE
        DO 440 I1=1,8
        REAL(114+1+I1)=DISMAX(I1)       ! KURVENMAXIMA
        WRITE (2'1) INT
440     CONTINUE
C       UMWANDELN DER KURVEN IN REAL UND WEGSCHREIBEN
        DO 450 I1=1,8
        K2=(4*I1)+6     !+2+8???
        DO 460 I2=1,256
        REAL(I2)=DIS(I2,I1)
460     CONTINUE
        WRITE (2'K2) (REAL(I),I=1,128)
        WRITE (2'K2) (REAL(I),I=129,256)
450     CONTINUE
        CLOSE (UNIT=2)
99      CONTINUE
        CLOSE (UNIT=3)
        CLOSE (UNIT=1)
```

```
      CALL BGAMMA('CA')
695   CONTINUE
      WRITE (5,696)
696   FORMAT (' NO CURVES IN SAVE AREA 9'/)
      CLOSE (UNIT=2)
      GO TO 99
      END
```

Zusammenfassung

An 25 Patienten aus der Routineschilddrüsendiagnostik und 42 Patienten nach Radiojodtherapie wurde die Schilddrüsenszintigraphie mit Gammakamera, Pinholekollimator und angeschlossenem EDV-System mit der Scannerszintigraphie verglichen. Die theoretisch erwarteten Vorteile der Kameraszintigraphie ließen sich praktisch bestätigen. Das höhere Auflösungsvermögen des Pinholekollimators und die Dokumentation auf Röntgenfilm liefern technisch bessere Aufnahmen. Die Möglichkeit zusätzlicher Schrägaufnahmen erlaubt die Beurteilung von Bezirken, die bei der alleinigen ventralen Aufnahme überdeckt sind. Dies führte bei zwei Drittel der untersuchten Patienten zu einer zusätzlichen klinisch relevanten Aussage.
Bei 26 Patienten mit autonomen Adenomen wurden im Rahmen der Radiojodtherapie Schilddrüsenszintigramme angefertigt und mit Hilfe eines speziellen Auswerteprogramms quantitativ berechnet, das die Bildpunkte einzeln entsprechend ihrer Impulszahl dem autonomen oder nicht autonomen Gewebe zuordnet. Die Dosisverteilung konnte so für autonomes und nicht autonomes Gewebe getrennt berechnet und zum therapeutischen Erfolg in Beziehung gesetzt werden. Bei 7 Patienten wurden zwei Szintigramme im Abstand von zwei bis drei Tagen durchgeführt. Die Auswertung nach demselben Verfahren ermöglicht die isolierte Betrachtung der Jodkinetik im Adenom beziehungsweise der Restschilddrüse.

Lebenslauf

Am 2.5.1953 wurde ich, Eva Kaiser, als Tochter des Dr. Franz Kaiser und der Maria Kaiser in Stuttgart geboren.

Nach der Reifeprüfung, die ich 1972 am Johannes-Kepler-Gymnasium in Reutlingen ablegte, begann ich mit dem Studium der Pharmazie, zunächst an der Universität Freiburg, dann an der Universität Tübingen, wo ich am 18.4.1977 die Pharmazeutische Prüfung ablegte. Von 1977 — 1982 studierte ich Medizin an der Universität Tübingen und legte am 20.10.1982 die Ärztliche Prüfung ab.